



Examensarbete inom Landskapsingenjörsprogrammet. 2006:19
ISSN 1651-8160

Varför mår träden bra?

En undersökning av Åsötorgets kungslindar



av
Birgitta Jonsson

Institutionen för landskaps- & trädgårdsteknik
Box 66
230 53 ALNARP

FÖRORD

Detta examensarbete är skrivet på C-nivå inom landskapsingenjörsprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp. Arbetet, vilket omfattar 10 poäng, tillhör ämnet teknologi och är utfört vid institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, Alnarp. Landskapsarkitekt Kaj Rolf har varit min handledare och agronom Eva-Lou Gustafsson utsågs till min examinator.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Kaj Rolf för de råd och den vägledning jag har fått under resans gång och till Eva-Lou Gustafsson för all den kunskap som hon har delat med sig av. Jag vill även tacka Björn Embrén på trafikkontoret i Stockholm och Anders Ohlsson Sjöberg på Arbor konsult som gav mig möjligheten att göra min undersökning av Åsötorgets kungslindar och som har varit till stor hjälp under arbetet med platsanalys och arkivsökning.

Om inget annat anges är det undertecknad som tagit de fotografier som har använts i arbetet.

Alnarp, april 2006

Birgitta Jonsson

SAMMANFATTNING

Vanligtvis lever våra stadsträd under stark stress i de urbana miljöerna och mår ofta ganska dåligt. Det urbana klimatet skiljer sig från landsbygdens klimat och de ogynnsamma faktorerna kan exempelvis vara köld, stark värme, stark vind, vattenbrist, näringsbrist, för starkt ljus, för svagt ljus, markkompaktering eller gift. Dessa faktorer kan ha en negativ påverkan på träden och framförallt rotmiljön kan försämrats kraftigt. Stadsträden har ofta långtifrån optimala växtbetingelser eftersom markens kemiska, fysikaliska och biologiska egenskaper är helt annorlunda från de förhållandena som existerar i trädens naturliga miljö.

Kungslindarna (*Tilia x europaea* 'Koningslinde') på Åsötorget i Stockholm planterades i början av 60-talet. Dessa träd har sedan dess stått ostörda i en hårdgjord yta som är belägen på ett garagetak. Endast ett fåtal av träden har under årens lopp varit tvungna att bytas ut, troligen på grund av mekaniska skador på stammen i form av skadegörelse eller påkörning av fordon. På grund av ombyggnation har dessa träd tagits bort då de inte längre får plats på torget. Kungslindarna på Åsötorget var i mycket god kondition och syftet med detta arbete har varit att undersöka varför de var det, trots den ogästvänliga miljön där de vuxit. Undersökningen ingår som en del i Stockholms stads stadsträdsrenoveringsprojekt tillsammans med flera andra forskningsprojekt som utförs i samarbete med SLU, Alnarp.

Torget är solbelyst större delen av dagen vilket har skapat en varm växtplats för kungslindarna. De kraftiga, byiga vindarna som drar över området verkar uttorkande. Träden hade ingen kontakt med grundvattnet och har varit tvungna att helt förlita sig på nederbörden. Värmen, vinden och den knappa tillgången på vatten gör Åsötorget till en väldigt torr växtplats. Marken var belagd med asfalt vilket har försvårat möjligheterna för vatteninfiltration. Närmast runt träden låg betonggaller för att skydda planteringsgroparna och underlätta för gasutbyte och vatteninfiltration.

Lindarna var planterade i trälådor på 1,4 x 1,4 x 0,85 meter av tryckimpregnerat virke. Ett välutvecklat rotsystem har fyllt ut lådorna och tagit sig ut genom springor mellan plankorna. Mellanleran i trädgroparna visade sig ha ett bra näringsinnehåll, en mycket god struktur och vattenhållande förmåga samt ett effektivt biologiskt liv. Jorden som lindarna var planterade i var en stabil naturlig jord som skiljer sig starkt från de komponerade jordar som ofta används idag. Bärlagret omkring trälådorna bestod av svagt lerig mo som också hade ett bra näringsinnehåll och en viss vattenhållande förmåga vilket har förbättrat förutsättningarna för träden.

En låg kronbas har gjort att det inte varit naturligt att gena över beläggningen nära trädstammarna och betonggallren som vilat på trälådorna har inte pressat ned jorden. Detta har medfört att planteringsjorden har fått behålla sin struktur och de skador som kan uppstå genom markkompaktering har uteblivit. Gasutbytet, vatteninfiltrationen och dräneringen har kunnat fungera tillfredställande och därför också tillväxt, vatten- och näringsupptag.

Min undersökning visar hur viktigt det är med goda markförhållandena och att det är en förutsättning för att få friska, vitala stadsträd. Det är de goda markförhållandena med en stabil naturlig jord utan packningsskador som är anledningen till att kungslindarna på Åsötorget har trivts och haft en bra utveckling trots torgets varma, torra och blåsiga klimat.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	1
<i>Bakgrund</i>	<i>1</i>
<i>Syfte</i>	<i>1</i>
<i>Avgränsning</i>	<i>1</i>
LITTERATURSTUDIE	2
<i>Trädens betydelse i staden</i>	<i>2</i>
<i>Linden som stadsträd</i>	<i>3</i>
<i>Klimatet i staden.....</i>	<i>3</i>
Solljus	3
Temperatur	4
Vind	4
Luftfuktighet och vattentillgång	5
Luftföroreningar	5
<i>Markförhållanden.....</i>	<i>6</i>
Uppbyggnad	6
Markluft.....	9
Markvatten.....	10
Marktemperatur	11
<i>Näring</i>	<i>12</i>
Växternas stora näringsämnen	13
Makronäringsämnen	14
Mikronäringsämnen.....	16
Andra näringsämnen.....	16
Näringsbrist	16
Tungmetaller	16
Ph.....	17
Ledningstal	18
Vägsalt.....	18
Den urbana jordens situation	18
FALLSTUDIE	20
<i>En undersökning av 34 stycken Tilia x europaea 'Koningslinde' på Åsötorg, Stockholm</i>	<i>20</i>
Historik.....	20
METOD OCH MATERIAL.....	21
RESULTAT	22
<i>Åsötorget som växtplats</i>	<i>22</i>
<i>Kunslindarnas tillstånd</i>	<i>23</i>
<i>Markens förhållanden</i>	<i>23</i>
DISKUSSION.....	26
SLUTORD	29
KÄLLFÖRTECKNING	30

INLEDNING

Bakgrund

På uppdrag av Stockholms stad annonserade Kaj Rolf på institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik i Alnarp efter studenter som kunde tänka sig att göra en undersökning av 34 stycken kungslindor, *Tilia x europaea* 'Koningslinde'. Denna undersökning skulle göras i form av ett examensarbete. Lindorna skulle fällas på grund av ombyggnaden och utbyggnaden av skatteskrapan vid Åsötorget på Södermalm i Stockholm. Det fanns inte längre plats för dem på torget och det ansågs inte heller värt att flytta träden. Denna undersökning skulle ingå som en del i Stockholms stads stadsträdsrenoveringsprojekt tillsammans med andra forskningsprojekt som utförs i samarbete med SLU, Alnarp. Arbetet innebär en unik möjlighet att utförligt undersöka ett stort bestånd av friska, vitala stadsträd. Dessa träd har under många år vuxit utan några större ingrepp, inga förändringar har heller gjorts av deras förutsättningar eller deras miljö. Eftersom jag har utvecklat ett stort intresse för träd under mina år som student på SLU Alnarp, var det givet att jag skulle anmäla mitt intresse till detta arbete.

Syfte

Kungslindorna på Åsötorget planterades i början av 60-talet. Dessa träd har sedan dess stått ostörda i den hårdgjorda ytan som är belägen på ett garagetak. Endast ett fåtal av träden har under årens lopp varit tvungna att bytas ut, då troligen på grund av mekaniska skador på stammen i form av skadegörelse eller påkörning av fordon. Vanligtvis lever våra stadsträd under stark stress i de urbana miljöerna och mår därför sällan speciellt bra. Kungslindorna på Åsötorget var däremot enligt Embrén¹ och Ohlsson Sjöberg², som båda är involverade i stadsträdsrenoveringsprojektet, i mycket god kondition.

Jag har gjort en litteraturstudie om den vedartade växtlighetens förutsättningar i den urbana miljön för att få en större kunskap i ämnet. Studien var till stor hjälp för mig i min undersökning och analys av kungslindornas situation på Åsötorget. Mitt syfte med detta examensarbete var således att försöka ta reda på hur det kommer sig att dessa träd har mått så bra, trots den ogästvänliga miljön de har levt i under de senaste 40 åren.

Avgränsning

På grund av de omfattande undersökningsmöjligheterna i detta projekt har två studenter tilldelats uppgiften. Jag har inte behandlat lindornas tillväxt och utveckling eller vädrets påverkan genom åren i mitt arbete. Detta kommer landskapsingenjörsstuderande Jonas Hult undersöka i sitt examensarbete. Inga analyser om eventuellt innehåll av föroreningar och gifter i jorden har heller utförts i min undersökning.

¹ Björn Embrén, trädsspecialist på trafikkontoret, Stockholm, samtal i april 2005.

² Anders Ohlsson Sjöberg, Arbor konsult, Stockholm, samtal i april 2005.

LITTERATURSTUDIE

Trädens betydelse i staden

Vi människor har ett speciellt förhållande till träd, vilket ofta kan vara mer eller mindre omedvetet. Träden står som symboler för liv och växande, trygghet och kraft. Samtidigt har de stora kulturella och historiska värden då de binder samman tider och generationer. Starka minnen kan vara förknippade med träd och därmed kan de utgöra viktiga mötesplatser för människor. Stadsträden förmedlar också det natur- och kulturlandskap som vi under årtusenden har präglats av (Granberg et al, 1994). De urbana grönområdena skapar rekreatiomsområden och förbättrar våra hem- och arbetsmiljöer och påverkar därigenom vårt fysiska såväl som vårt mentala välbefinnande. Träden ökar stadens arkitektoniska och estetiska värden genom att skapa variationer i färg, form och textur samtidigt som årstidsväxlingarna ger dynamik till den annars ganska statiska stadsstrukturen (Tyrväinen et al., 2005).

Träden påverkar temperaturen, luftfuktigheten och luftkvaliteten i staden. De kan också verka som vind- och bullerskydd, som erosionskydd eller för att förebygga översvämningar. Starkt ljus och bländande reflexer från fasader och glasinstallationer kan också reduceras med trädens skuggande förmåga. Den biologiska mångfalden i staden ökar med växtligheten samtidigt som marknadsvärdet på fastigheter stiger med ökad tillgång och närhet av träd, parker och grönområden. (Tyrväinen et al., 2005)

Trädens situation i staden

I den urbana miljön har träden ofta långt ifrån optimala växtbetingelser. Markens kemiska, fysikaliska och biologiska egenskaper är helt annorlunda från de förhållanden som existerar i trädens naturliga miljö. De naturliga ståndorterna har en lucker jord som är lättpenetrerad för rötterna. Jorden är väl-dränerad och välgenomluftad, vilket ger tillräckligt med syre till rötter och mikroorganismer. Vattentillgången är god och växtnäringsämnen tillförs kontinuerligt på ett naturligt sätt. Det finns inte heller några gifter i marken. (Pålstam, 2003)

Situationen i stadsmiljön är annorlunda och gatuträden utsätts för en mängd stressfaktorer från omgivningen. I exempelvis New York dör vartannat träd innan en ålder av 10 år på grund av de extrema förhållandena. De ogynnsamma faktorerna i omgivningen kan vara köld, stark värme, vattenbrist, näringsbrist, för starkt eller för svagt ljus, markkompaktering eller gifter. Dessa faktorer har en negativ påverkan på träden och det är framförallt rotmiljön som försämras kraftigt. Ledningar, kantstenar, sprängsten i marken, kulvertar och packning av marken är faktorer som kan påverka rottillväxten. De kan hindra rötterna från att nå de områden med vatten och näring som trädet behöver.

Markpackning skapar ett mekaniskt motstånd för rötterna i den förtätade jorden och den reducerade porvolymen medför syrebrist, vilket också försämrar rottillväxten. Vid dåliga dräneringsförhållanden kan vattenmättnad i marken uppstå och anaeroba förhållanden blir då ett faktum. Vägsaltet vi sprider ut på vintern kan orsaka en kemisk torka och har även en skadlig effekt på jordens struktur. De jordar som våra stadsträd växer i kan bestå av allt från matjord till tegel och byggavfall. Byggresterna innehåller ofta kalk och ger då jordarna ett högt pH-värde, vilket kan begränsa de växttillgängliga formerna av nödvändiga mikronäringsämnen som järn, mangan, bor, koppar och zink. (Pålstam, 2003)

Linden som stadsträd

Lindarnas goda egenskaper gör att de idag är de mest använda träden i stadsmiljö i Sverige. Bland de viktigaste orsakerna till det är deras goda anpassningsförmåga till stadsklimatet, deras långa livslängd och deras goda hårdighet för flera viktiga arter och sorter. De har också stor tolerans mot beskärning och relativt få sjukdomar och skadegörare. Linden är generellt ett värmegynnade träd vilket är en av anledningarna att den trivs i stadsmiljön, men misstrivs dock under allt för varma och torra somrar. Vissa sorter, exempelvis parklindens 'Koningslinde', 'Pallida' och 'Zwarte Linde', kan i mycket varma lägen få problem med ökat angrepp av bladlöss och spinn. Bäst utveckling får linden på humus- och/eller lerhaltiga jordar som är väl-dränerade. (Bengtsson, 2000)

Tilia x europaea 'Koningslinde' härstammar enligt vissa uppgifter från material som den holländske kung Wilhelm III gav till holländska odlare som hade fått sina moderplantor förstörda i den svåra översvämningen 1873. Kungslinden blir 20 – 25 meter hög, 12 – 15 meter bred och dess hårdighet går upp till zon 5. Kronan hos yngre träd är smalt pyramidformad men blir med åren mer rundad med en konisk topp hos äldre individer. Bladens ovansida är svagt glänsande och undersidan är gulaktigt grön. Bladbasen är snett avhuggen och bladskåften är rödaktiga. Kungslinden är rikblommig, får en gulbrun höstfärg och dess svaga stam- och rotskottsbildning gör sorten till ett mycket värdefullt stadsträd. (Bengtsson, 2000)

Klimatet i staden

Solljus

Det har länge varit känt att den urbana miljön har mindre solljus än det omkringliggande landskapet (Landsberg, 1981). I staden är det flera faktorer som påverkar tillgången på ljus. Ljustillgången kan variera från närmast obegränsat till nästan noll. Byggnadernas olika utformning, deras belägenhet och gatornas bredd ger stora variationer i hur mycket strålning som når träden. Två sidor av samma gata kan skilja sig väsentligt i ljusförhållanden. Bristen på ljus kan ge stadsträd en oregelbunden krona och det ofta minimala avståndet till byggnadskonstruktioner kan skapa en asymmetrisk tillväxt av kronan ut i gaturummet. Föroreningar, damm och rök kan skymma en stor del av instrålningen från solen. Dock kompenseras den minskade strålningen något av att byggnader och markbeläggningar reflekterar en viss del av ljuset (Bernatzky, 1978). Stadsgatornas geometri gör att de korta våglängderna av instrålningen är benägna att absorberas i de trånga utrymmena mellan byggnaderna, medan de långa våglängderna studsar mellan byggnaderna snarare än att strålas tillbaka ut i atmosfären. Byggnaderna och luftföroreningarna i den täta staden stänger in de långa våglängderna av strålning i den urbana atmosfären, vilket leder till den urbana växthuseffekten (Sieghardt et al., 2005).

Många viktiga växtprocesser som tillväxt, blomning och avmognad påverkas av dagsljuset, men trädens minimikrav vad det gäller ljus skiljer sig nämnvärt mellan de olika arterna (Roberts, 1977). Även trädets ålder och omgivande faktorer påverkar trädets skuggtolerans. Träd tenderar att visa störst skuggtolerans vid ung ålder. De träd som växer i de södra delarna av sitt utbredningsområde är mer toleranta mot skugga än de som växer i de nordliga delarna av sitt utbredningsområde (Kramer & Kozlowski, 1979). De flesta träd behöver dagligen fyra till sex timmar med full sol för att nå sin fulla utveckling. Det finns dock trädarter som i sin naturliga miljö växer som undervegetation och har utvecklat en högre skuggtolerans. *Acer griseum*, *Amelanchier spp.*, *Cercidiphyllum japonicum*, *Cornus mas*, *Sorbus alnifolia* och *Thuja occidentalis* är några exempel på skuggtåliga arter (Trowbridge & Bassuk, 2004).

Temperatur

Den absolut tydligaste klimatförändringen i och med urbaniseringen är den förhöjda lufttemperaturen (Landsberg, 1981). Städerna är omkring 0,5 – 1,5°C varmare än landsbygden som omger dem (Bernatzky, 1978). Kontrasterna är som störst under klara, vindstilla förhållanden och tenderar att försvinna i molnigt och blåstigt väder. Maximal temperaturskillnad uppstår 2-3 timmar efter solnedgång medan skillnaden är minimal mitt på dagen. Detta fenomen har blivit känt som den urbana värmeöeffekten (Landsberg, 1981).

Den ökade absorptionen av värme i byggnadskonstruktioner och markbeläggningar, samt energi från industri, trafik och uppvärmningsanläggningar tillför staden stora mängder värme. Den effektiva dräneringen av allt regnvatten, de små vegetationsytorna och vindreduktionen gör att den avkylande avdunstningen minskar. (Sieghardt et al., 2005)

Den förhöjda temperaturen förlänger växtperioden i den urbana miljön, våren startar tidigare och hösten varar längre, vilket kan vara en fördel för tillväxten hos träden och ge möjligheter till större artvariation i vårt skandinaviska klimat. Dock medför värmen även en fuktighetsreduktion vilket kräver torktåliga arter. Det kan under sommaren bli alltför varmt för vissa träd vilket kan orsaka skador. På grund av stark solinstrålning, minskad vattentillgång och brist på vind kan träden bli mycket stressade vilket dock är en större fara i sydligare, varma klimat. Träd med håriga löv har en förmåga att reflektera en större mängd strålning vilket ger en avkylande effekt och ökar deras tålighet mot värme. Exempelvis är arter av *Quercus* och *Hippophae* mer värmetåliga än arter av *Aesculus* och *Acer*. (Bernatzky, 1978)

Vind

I de flesta städer rapporterar meteorologstationerna att antalet vindstilla dagar ökar och en minskning av vindhastigheten i jämförelse med omkringliggande landskap. Stadens byggnader skapar en ojämnhet som sänker vindhastigheten på grund av energireduktionen som uppstår vid friktionen mot den ojämna ytan (Bernatzky, 1978). I kalla klimat kan detta vara en fördel eftersom vindens avkylande effekt reduceras. I varma klimat med hög luftfuktighet kan det dock leda till mycket sämre levnadsförhållanden då vinden ofta är den enda luftkonditioneringen på dessa platser. Den minskade ventilationen i stadsmiljön alltid mycket negativ när det gäller föroreningar och människans hälsa (Sieghardt et al., 2005).

Den oregelbundna struktur som bebyggelsen skapar bromsar kraftigt upp vinden i staden och gör den byig och i anslutning till de enskilda huskropparna skapas virvlar, vindförstärkning och läeffekter. Höga byggnader som sticker upp högt över omgivande byggnader för ner kraftiga vindar till gatunivån. I gaturummet kan byggnadernas regelbundenhet orsaka en kanalisering och kraftigt förstärka vinden, vilket medför att i passager och gathörn kan vindhastigheten vara 2 – 3 gånger högre än över öppen mark (Mattson & Taesler, 1995). Turbulensen som uppstår ger dock ingen ventilation eftersom det är samma luft som cirkulerar inom ett begränsat område. Ingen luft tillförs eller transporteras bort, utbytet sker endast mellan högre och lägre nivåer (Bernatzky, 1978).

En så kallad omlandsbris kan uppstå om värmeöeffekten är starkt utvecklad. Den varma luften i staden stiger samtidigt som luft flödar in i staden från omkringliggande landskap och ett aktivt cirkulationssystem skapas. Omlandsbrisen innebär för stadsmiljön ett tillskott på ren och frisk luft som också verkar avkylande. I städer med industritäta ytterområden kan dock luftföroreningar och damm följa med vinden in i de centrala delarna. (Bernatzky, 1978)

Luftfuktighet och vattentillgång

Den naturliga markytan tillåter regnvattnet att ta sig ned i jorden där en viss del av vattnet lagras och gradvis infiltreras i grundvattnet, även efter ett häftigt skyfall är ytavrinningen minimal (Landsberg, 1981). Förhållandet i den urbana miljön är helt annorlunda, byggnader och hårdgjorda ytor är konstruerade så att nederbörden snabbt leds bort i avlopps- och dräneringssystemen vilket eliminerar lagringsmöjligheterna och avdunstningen från marken. Högre temperaturer, mindre tillgång på nederbörd och en minskad avdunstning leder till en lägre luftfuktighet i jämförelse med det öppna landskapet (Bernatzky, 1978). Många av våra förbränningsprocesser har vattenånga som en av sina slutprodukter och industriella aktiviteter avger ånga och avdunstar mängder av kylarvatten, men detta sker dock från höga skorstenar som generellt är på alltför hög höjd (Landsberg, 1981).

Ytorna av öppen jord som är tillgängliga för stadens träd är vanligtvis så små att nederbörden inte kan försörja dem med det vatten de behöver för sin tillväxt. I många fall har inte heller grundvattnet möjlighet att försörja stadsträden eftersom urbaniseringen har medfört konstruktioner även under markytan. Detta har krävt en sänkning av grundvattnet till en nivå dit inte trädrotterna kan nå och den kapillära vattentillförseln är avskuren. På grund av den osäkra vattentillgången för våra stadsträd bör, på utsatta platser, endast de arter användas som tolererar perioder av torka i sin naturliga miljö. Vanligtvis är detta arter med djupa, vidsträckta rötter och med hårda, glansiga eller ludna blad. Till denna grupp hör exempelvis *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Corylus colurna*, *Ginkgo biloba*, *Sophora japonica* och *Tilia tomentosa*. (Bernatzky, 1978)

Luftföroreningar

Industrialiseringen har medfört stora fördelar och bekvämligheter för människan, men också en stor försämring på luftkvaliteten. Genom industrier, värmeanläggningar, sopförbränning och trafik är luften i våra städer inte längre hälsosam (Bernatzky, 1978). Föroreningarna lägger sig som ett tak över staden och hindrar därmed utstrålningen, vilket bidrar till värmeöeffekten. Detta är mest tydligt under de kallare årstiderna eftersom uppvärmningen av byggnader medför luftföroreningar (Dragsted, 1981).

Växterna spelar en stor roll i att minska luftföroreningarna i den urbana miljön, både i form av partiklar och i gasform. Träd fungerar som naturliga filter där damm och andra partiklar fastnar på stam, grenar och blad för att sedan sköljas ner i jorden, medan gaserna absorberas av blad och andra växtdelar (Trowbridge & Bassuk, 2004). Luftföroreningarna är ofta en stressfaktor för träden och kan leda till skador. Under fuktiga förhållanden förstör de kemiska substraten bladvävnaden. På hårda och blanka blad sköljs föroreningarna snabbt bort av regn, medan mjuka och håriga blad har en benägenhet att hålla kvar föroreningarna längre och är därmed utsatta för större påfrestningar. Damm kan stänga ut ljuset från bladen, fräta sönder dem, göra luften grumlig och förgifta jorden. Gaserna tar sig in i bladen genom klyvöppningarna där de försvagar gasutbytet, hämmar fotosyntesen och förstör kloroplasterna (Bernatzky, 1978).

Ingen trädart är helt resistent mot föroreningar. Resistens är alltid relativt och beror på karaktären hos luftföroreningarna, trädets tillväxtfas, växtkondition och växtplats. Det finns listor över träd som visar på hur de tål luftföroreningar men försöken är gjorda i en viss miljö, på vissa individer och under en kort period, vilket gör att det inte svarar för alla individer av samma art. Bernatzky (1978) visar på tabeller där exempelvis *Alnus glutinosa*, *Carpinus betulus* och *Tilia cordata* anges som känsliga för NO₃, medan *Acer campestre*, *Quercus robur* och *Robinia pseudoacacia* anges som relativt okänsliga för samma ämne. Individer från olika provenienser eller olika individer från samma frökälla kan reagera helt olika på föroreningarna (Sieghardt et al., 2005).

Markförhållanden

Marken är det baselement som de flesta växter är avhängiga av eftersom den innehåller de viktiga faktorerna vatten, näring och syre, vilka är livsnödvändiga för deras tillväxt. Jorden är det resultat som uppstått under de årtusenden då jordytan har påverkats av temperaturväxlingar, vind, vatten, mikroorganismer och utvecklingen av växt- och djurlivet. (Trowbridge & Bassuk, 2004)

Uppbyggnad

Textur

Mark är ett begrepp som betecknar de lösa jordlager som påverkas av klimatet och utnyttjas av växternas rötter (Rolf, 1986). Marken består av fyra huvudkomponenter: oorganiskt material, organiskt material, markvatten och markluft. Det oorganiska materialet består av mineraljorden medan det organiska materialet består av humusämnen, ofullständigt nedbruten förna samt markens mikroflora och fauna. Markvattnet som vanligen fyller markens finare porsystem utgörs av en lösning med kat- och anjoner, men också ickejoniserade föreningar. Markluften fyller de grövre porerna (Wiklander, 1976).

Dessa komponenter varierar inbördes från en mark till en annan och med djupet i en och samma mark. Markvattnet och markluften utgör markens porvolym som i våra normala jordar upptar 30 – 60 % av den totala volymen. Proportionerna av vatten och luft varierar starkt med årstiderna (Wiklander, 1976). De fyra komponenterna är de som styr hur marken är lämplig för växtproduktion och en förändring av någon av dem medför också en förändring av markens egenskaper (Rolf, 1986).

Det är det organiska och det oorganiska materialet som bygger upp markens skelett och bildar väggarna i markrummet (Rolf, 1986). Storleken på partiklarna utgör grunden för klassificeringen av marken och bestämningen av jordens textur. Mineralkornen delas in enligt Atterbergs korngruppskala (Tabell 1) och partiklarna antas vara sfäriska (Wiklander, 1976).

Tabell 1. Atterbers korngruppskala (Wiklander, 1976)

Huvudgrupp	Undergrupp	Diameter, mm
Block		> 200
Sten	större mindre	200 - 60 60 - 20
Grus	grovt fint	20 - 6 6 - 2
Sand	grovsand mellansand	2 - 0,6 0,6 - 0,2
Mo	grovmo (el. finsand) finmo	0,2 - 0,06 0,06 - 0,02
Mjåla	grovmjåla finmjåla	0,02 - 0,006 0,006 - 0,002
Ler	grovler finler, kolloidalt ler	0,002 - 0,0002 < 0,0002

Det förekommer alltid en blandning av flera kornstorlekar i naturliga jordar och man benämner jordarten efter den eller de fraktioner som ger karaktär åt blandningen. De minsta partiklarna, mindre än 0,0002 mm, kallas kolloider och består av finlersfraktioner i det oorganiska materialet. Humus utgör de organiska kolloiderna. Markpartiklarnas totala yta växer snabbt med en förhöjd halt av kolloider och dess förmåga att hålla kvar näringsämnen ökar. Kolloidpartiklarna är elektriskt laddade och dess yta binder olika joner. (Wiklander, 1976)

De olika korngrupperna har olika egenskaper. Block och sten i marken inverkar på marktemperaturen och ökar de tätare jordarternas genomsläpplighet av vatten. Grus och sand är två genomsläppliga, varma, mycket torra och magra jordarter. De mindre sandpartiklarna har dock en totalt större kontaktyta. Grovmo eller finsand är en något bättre jordart eftersom den håller kvar mer vatten i kapillär form. Finmo och mjåla är två starkt vattenhållande jordarter på grund av stark kapillär bindning och kan snabbt förvandlas till flytjordar i vattenmättat tillstånd eftersom kohesionen mellan partiklarna är liten. När det gäller ler dominerar dessa partiklar endast i de styvare lerjordarna, men redan i små mängder sätter leret stor prägel på jorden. Lerjordar har en god vatten- och näringshållande förmåga och viss plasticitet. De krymper vid torkning och avger genom vittring stora mängder lösliga näringsämnen. (Wiklander, 1976)

Mineraljordar och organogena jordar är de två huvudgrupperna som jordarterna delas in i, de förra indelas efter stigande lerhalt och de senare efter stigande halt av organiskt material (Tabell 2). Mineraljordarna delas i sin tur sedan in i sorterade och osorterade jordar med hänsyn till fördelningen mellan olika kornstorleksfraktioner. Sorterade jordar innehåller övervägande en eller ett par korngrupper medan osorterade jordar, så kallade morånjordar, innehåller i stort sett alla korngrupper. Vid jordartsklassificering av åkerjordar skiljer man på alvjord och matjord. (Wiklander, 1976)

Tabell 2. Ekströms indelning av svenska jordarter med nu använda beteckningar (Wiklander, 1976)

ALVJORDAR	Beteckning	Lerhalt, %
MINERALJORDAR:		
A. Sorterade (Sedimentjordar)		
Lerfria – svagt leriga jordar	svl	< 5
Leriga jordar	l	5 - 15
Lättleror	LL	15 - 25
Mellanleror	ML	25 - 40
Styva leror	SL	40 - 60
Mycket styva leror	MSL	> 60
Gyttjeleror, < 6 % organisk substans.	gL	-
B. Osorterade (Moränjordar)		
Svagt leriga moränjordar	svl MÄ	< 5
Leriga moränjordar	l MÄ	5 - 15
Moränlättleror	MÄ LL	15 - 25
Moränmellanleror	MÄ ML	25 - 40
Styva moränleror	MÄ SL	> 40
ORGANOGENA JORDAR (Humusjordar):		
A. Gyttjejordar		
Lergyttjor	lG	6 - 40
Gyttjor	G	> 40
B. Dyjordar		
	Dy	>.40
C. Torvjordar		
Kärrtorv	Kt	> 40
Mossetorv (Högmossar)	Mt	> 40
MATJORDAR		
<i>Dessa indelas med avseende på mineralsubstansen som alvjordarna och med hänsyn till mullhalten på följande sätt:</i>		
	Beteckning	Mullhalt, %
Mullfattiga mineraljordar	mf	< 2
Något mullhaltiga mineraljordar	nmh	2 - 3
Måttligt mullhaltiga mineraljordar	mmh	3 - 6
Mullrika mineraljordar	mr	6 - 12
Mycket mullrika mineraljordar	mkt mr	12 - 20
Mineralblandade mulljordar		20 - 40
t ex sandiga mulljordar	sa M	
leriga mulljordar	l M	
Mulljordar	M	> 40

Struktur

Markens struktur är en beteckning på hur markens partiklar är inbördes lagrade och hur de är sammanfogade till större eller mindre enheter så kallade aggregat. Markens textur, mineralsammansättning och humusinhåll har en stor betydelse för den struktur som uppkommer, vilket sedan starkt påverkar hur växterna fungerar på platsen. Väl aggregerade jordar har system av stora och små hålrum och sprickor, vilka ger luft och vatten en möjlighet att snabbt förflytta sig i marken. De grövre porerna bildar ett makroporsystem och de mindre ett mikroporsystem. Det är i dessa system som växternas rötter kan breda ut sig och bilda nätverk i marken (Rolf, 1986). Den ideala växtjorden består av 45% mineraljord, 5% organiskt material, 25% mikroporer och 25% makroporer (Trowbridge & Bassuk, 2004).

Jordar utan mänsklig påverkan är arrangerade i horisonter. Översta skiktet består av mer eller mindre nedbrutet organiskt material. Under detta lager ligger jord som kan variera i djup och innehåll. Generellt har denna jord mer näring, humus och mikroorganismer än den underliggande mineraljorden. I den urbana miljön är inte den naturliga marken kvar, där finns historien och bevisen av mänsklig påverkan skrivet med stora bokstäver. (Trowbridge & Bassuk, 2004)

Markluft

Källan till det syre som växtrötterna och mikroorganismerna i jorden behöver är markluften som till största delen kommer från atmosfärluften. Den mottar också den koldioxid som avges vid rot- och cellandningen. Det sker hela tiden en omsättning av syre och koldioxid i markluften. Makroporsystemet i jorden är viktigt för dessa gastransporter som sker dels genom diffusion och dels genom masstransport, det vill säga strömningar av hela luftmassan. Oavsett vilket sätt transporterna sker så är det den del av porsystemet som är frilagd från vatten som bestämmer luftväxlingens omfattning. (Rolf, 1986)

Kompaktering av urbana jordar förstör strukturen och sker bland annat genom tryck från tunga fordon, trafikvibrationer, konstruktionsaktiviteter, felaktig jordprepareringsteknik och felaktigt underhåll. Packningsskadorna påverkar inte bara den totala porositeten utan också porstorleksfördelningen. De grova porerna som ansvarar för genomluftningen och vatteninfiltrationen minskar tillsammans med de medelstora kapillära porerna som håller det mesta av det växttillgängliga vattnet (Richard et al., 2001, se Sieghardt et al., 2005). De mindre porerna håller vatten väldigt hårt och den totala markluften minskar drastisk. Till följd av syrebristen bildas ett överskott av koldioxid som är skadligt för växtligheten. En bristfällig rot- och cellandning medför också en serie av fysiologiska störningar, vilket leder till en reducerad tillväxt och ofta dör träden (Kozłowski & Pallardy, 1997).

Kompaktering orsakar också ett ökat penetreringsmotstånd som skapar en barriär för rottillväxten och försvårar vatten- och näringsupptaget. Även mikroorganismernas aktiviteter och nedbrytningen av organiskt material påverkas negativt av syrebristen och den förändrade markstrukturen. (Sieghardt et al., 2005)

Markvatten

De grövre porerna, hålrummen och sprickorna i marken är helt eller delvis fyllda med fritt vatten som rör sig under inflytande av tyngdkraften. Man skiljer mellan ytvatten, sjunkvatten och grundvatten. Ytvatten kan uppstå om markens porer är helt fyllda med vatten eller om markytans genomsläpplighet är kraftigt försämrad. Vanligtvis infiltrerar vattnet marken och övergår snabbt till sjunkvatten. När vattnet slutligen når ett ogenomsläppligt eller svårgenomsläppligt underlag, vanligtvis berggrunden, benämns det som grundvatten. (Wiklander, 1976)

I marken finns också bundet vatten som delas in i tre huvudgrupper. Adsorptionsvatten som är fysikaliskt bundet till jordpartiklarnas ytor, kapillärvatten som genom ytspänningen lyfts i de kapillära porerna och kemiskt bundet vatten som ingår som byggnadselement i mineraler. (Wiklander, 1976)

Den mängd vatten som jorden kan hålla efter att tyngdkraften har dränerat bort det fria vattnet kallas markens fältkapacitet. De finare porerna är då fyllda med vatten, medan de grövre porerna är fyllda med luft. Genom osmos tar rötterna upp vatten tills det inte längre är möjligt då det sista vattnet är så starkt bundet till markpartiklarna genom adhesionskraft. Den gräns där vattnet inte längre kan tas upp av rötterna kallas den permanenta vissningsgränsen. Vattenmängden mellan fältkapaciteten och den permanenta vissningsgränsen är markens växttillgängliga vatten och varierar stort mellan olika markstrukturer. (Trowbridge & Bassuk, 2004)

Ett solitärträd i tempererat klimat beräknas behöva cirka 800 liter vatten per kvadratmeter kronprojektion under ett år för maximal utveckling. Den absoluta minimigränsen för en vital tillväxt anses vara 40 % av denna mängd vatten. När rötterna når grundvattnet eller när den kapillära stigningen är tillräcklig finns där generellt ingen vattenbrist, förutom under de första åren efter plantering när rotsystemet är outvecklat. På de ställen där grundvattnet inte är tillgängligt för träden är det jordens vattenhållande förmåga och tillgängligheten på markvatten som är begränsande. (Sieghardt et al., 2005)

Den urbana miljön har försämrat vattentillgängligheten nämnvärt för träden i staden. Ogenomträngliga beläggningar där dagvattnet leds bort, trädgropar utan kontakt med grundvatten eller kapillärt stigande vatten, minimala infiltrationsytor och packningsskadade jordar är det vanliga scenariot i våra stadskärnor och har helt förstört den normala vattencykeln. (Sieghardt et al., 2005)

Den minst permeabla horisonten kontrollerar vattenflödet, ju närmare det kompakterade lagret är jordytan, desto större inverkan har det på trädets vigör. En kompaktering i underliggande horisont kan med sin försämrade dräneringsförmåga skapa en anaerob miljö och en kompakterad jordyta släpper inte igenom vattnet. Precis som på de hårdgjorda ytorna rinner vattnet istället av markytan. I båda fallen blir miljön för växterna starkt försämrad. Åtgärder för att förbättra situationen är av största vikt för stadsträden. Större infiltrationsytor eller permeabla beläggningar, begränsa packningsskador och välkonstruerade planteringsgropar är viktiga faktorer som kan förbättra vattentillgången (Sieghardt et al., 2005). Som tidigare nämnts är också artvalet mycket viktigt i den torra stadsmiljön. Träd som naturligt växer på platser där de lärt sig att klara perioder av extrem torka är mer lämpade i stadsmiljön än de lundarter som idag är de vanligaste att plantera.

Marktemperatur

Jordens temperatur påverkar hastigheten av de flesta fysiologiska och kemiska processer i växterna och har en direkt effekt på tillväxten. Samtidigt påverkas jordegenskaper som fuktighet, gasutbyte, struktur, mikroorganismernas aktiviteter, nedbrytningen av organiskt material och tillgängligheten av näringsämnen (Craul, 1992). Den optimala jordtemperaturen för rottillväxt varierar mellan olika arter, men är hos de flesta träd mellan 17-25°C. Extrema temperaturer, både höga och låga, verkar kraftigt begränsande på rottillväxten och fotosyntesen samtidigt som vatten- och näringsupptaget samt cellandningen försvåras. Markens organismer påverkas också, då de behöver en för dem fördelaktig temperatur för en maximal nedbrytning av organiskt material. Detta i sin tur påverkar halten av växttillgänglig näring i marken (Roberts, 1977).

Vatteninnehållet i jorden påverkar jordens värmekapacitet. Det krävs mer värme för att höja temperaturen i en blöt jord än en torr jord. Vattnet leder också värmen snabbare längre ner i jorden, vilket ger en lägre temperatur vid jordytan. När jordytan värms upp torkar den genom avdunstning, därigenom stiger vatten från lägre horisonter uppåt genom jorden. Det förser rötterna med vatten och kyler jorden tills nederbörden åter fyller den övre horisonten. Om jorden närmar sig den permanenta vissningsgränsen uppstår närmast ingen vattenstigning underifrån, då endast i form av ånga. Bristen på vatten reducerar den värmeledande förmågan och maximal temperatur uppstår vid ytan samtidigt som värmen inte stiger tillräckligt i de underliggande horisonterna för att nå de fuktiga djupa partierna. (Craul, 1992)

Studier gjorda av Graves (1998) visar en indikation på att den urbana värmeöeffekten sträcker sig även under markytan. Temperaturen i marken har förändrats i och med urbaniseringen och kan stiga till en grad som skadar träden. Resultaten visar att utvecklingen av värmeöeffekten under markytan troligtvis kan ge direkta värmeskador på träden om temperaturen stiger över 32°C. De alltför höga temperaturerna kan orsaka en reducerad tillväxt och ett minskat vattenupptagning av rötterna. Lövens klyvöppningar kan bli mindre och få en sämre funktion. Det kan också leda till en förkrympt stam och en förändring av näringsinnehållet som kan leda till allvarlig kloros på unga blad. Man bör också beakta andra stressmoment i marken som påverkar träden tillsammans med temperaturen.

Näring

Jorden kan definieras som ett dynamiskt system, vilket innefattar många kemiska reaktioner och processer. En stor del av dessa reaktioner går ut på att förvandla komplexa substanser till enklare produkter som kan användas av växterna. Processerna styrs av jordens sammansättning, tillgången på organiskt material, nivån och karaktären av mikroorganismernas aktiviteter, tillsammans med graden av de reaktioner som påverkas av miljöbetingade faktorer som temperatur, vattentillgång och gasutbyte. (Craul, 1992)

De flesta beståndsdelar växterna har behov av, så kallade essentiella näringsämnen, finns lösta i markvätskan. De stora näringsämnena kol, väte och syre tillförs främst genom luft och vatten. De andra beståndsdelarna delas in i två grupper, makro- och mikronäringsämnen (Tabell 3). (Craul, 1992)

Tabell 3. De essentiella näringsämnena (Wiklander, 1976)

Stora näringsämnen	Makronäringsämnen	Mikronäringsämnen
Främst från luft och vatten	Från marklösning och luft	Från marklösning
Kol	Kväve	Järn
Väte	Fosfor	Mangan
Syre	Kalium	Bor
	Kalcium	Molybden
	Magnesium	Koppar
	Svavel	Zink
		Kobolt
		Klor

Det är inte alla näringsämnen som är i växttillgänglig form. Vissa ingår i mineralsammansättningar, medan andra ingår som byggstenar i organiskt material och måste omvandlas innan de kan användas av växterna. De förenklade formerna är vattenlösliga eller lättillgängligt placerade på lerpartiklar eller på ytan av organiskt material. Även om den totala mängden av näringsämnena kan var relativt stort är de växttillgängliga formerna (Tabell 4) ofta representerade i ganska små mängder. (Craul, 1992)

Näringen finns tillgänglig i marken i två former, dels som positivt laddade joner, så kallade katjoner, på ytan av negativt laddade kolloider och dels som lösta joner i markvätskan. De lösta jonerna absorberas passivt av rötterna genom vattenupptaget eller genom en utbytesprocess, så kallad katjonutbyte, på rötternas yta. De positivt laddade katjonerna blir så småningom absorberade genom katjonutbytet med markvätskan, sedan passivt upptagna eller fortsatt utbytta. De kan också genomgå katjonutbyte i direktkontakt mellan kolloider och rötter. (Craul, 1992)

Tabell 4. Näringsämnenas mest tillgängliga former i marken (Wiklander, 1976)

Näringsämne	Tillgänglig form i marken
Kväve	NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-
Fosfor	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}
Kalium	K^+
Kalcium	Ca^{2+}
Magnesium	Mg^{2+}
Svavel	SO_4^{2-} , S
Järn	Fe^{2+}
Mangan	Mn^{2+}
Bor	H_3BO_3
Molybden	MoO_4^{2-} , HMoO_4^-
Koppar	Cu^{2+} , CuOH^+ , CuCl^+
Zink	Zn^{2+}
Kobolt	Co^{2+}
Klor	Cl^-

Näringstillgängligheten för växterna bestäms alltså av näringsämnenas löslighet i jorden. Detta påverkas i sin tur av pH-värdet, katjonutbyteskapaciteten som bestäms av innehållet av organiskt material och ler, temperatur och markvattensystem. (Craul, 1992)

Växternas stora näringsämnen

Kol, Väte, Syre

Levande växter består till 94 - 99,5% av kol, väte och syre och det är de ämnen som förbrukas i störst mängd. Dessa fogas genom fotosyntesen samman till energirika kolhydrater som är den primära energiresurs och det baserande av organiskt material, från vilket de flesta andra organiska komponenter i en växt syntetiserar. Kolhydrater är den största beståndsdel i cellväggarna och de är startpunkten för syntetisering av fett och proteiner. Stora mängder kolhydrater oxideras under cellandningen och de ackumuleras som reservenergi och försvinner på varierande sätt ur växten. Lösliga kolhydrater skyddar cellerna mot vätskeförlust och vissa skyddar vävnader genom att öka deras vattenhållande förmåga. Mängdmässigt är kolhydraterna de viktigaste beståndsdelarna i vedartade växter och omfattar tre fjärdedelar av dess torrsvikt. (Kozlowski & Pallardy, 1997)

Makronäringsämnen

Kväve

Atmosfären innehåller cirka 79 % kväve. Gasformen kan endast användas av baljväxter som lever i symbios med kvävefixerande bakterier. Det är kvävet i marken som står till buds för de flesta växter och det finns främst i det organiska materialet. Kvävet står för cirka 5 % av innehållet i organiskt material och finns framförallt i den övre jordhorisonten. Mikroorganismerna frigör kvävet i former som är tillgängliga för växterna. Ammoniumformerna är de som lättast absorberas av trädrötterna. En ovarsam hantering av jorden kan leda till att kvävet försvinner vilket blir en tillväxthämmande faktor. (Barber, 1995)

Kvävet utgör en viktig beståndsdel i växterna, bland annat som delar i aminosyror, enzymer, hormoner, vitaminer och nukleinsyror. Både bladstorleken och fotosyntesen är beroende av kvävetillgången och en brist kan medföra minskad mängd klorofyll, försämrad utveckling av fruktknoppar och frukt samt minskad fruktsättning. Tillväxten påverkas starkt av kvävet och vid en brist kan den försvagas eller avstanna. (Kozłowski & Pallardy, 1997)

Fosfor

Fosfor är vanligtvis inget begränsande näringsämne för vedartade träd och buskar även om det finns ganska lite av ämnet i de flesta jordar. Anledningen till detta är att många vedartade växter lever tillsammans med mykorrhiza vilket drastiskt ökar dess absorptionsyta på rotsystemet. Den låga tillgången på fosfor i marken är ett resultat av att ämnet är relativt svårslösligt och binds starkt i jorden, vilket gör det otillgängligt för växterna. Avsaknaden av fosforinnerhållande mineraler kan också vara en av orsakerna. I skogsjordars humuslager förekommer en hel del fosfor i organisk form. (Craul, 1992)

Fosfor hjälper till att bygga upp nukleotider och fosforlipider, samt fungerar som ett viktigt element vid energiovergångarna i träden. Om tillgängligheten på fosfor är för låg verkar det starkt tillväxthämmande på unga träd. Även blomning och fruktsättning försämras vid fosforbrist. (Kozłowski & Pallardy, 1997)

Kalium

Kalium omsätts enkelt i ekosystemet och tillsammans med dess relativt höga löslighet finns det få bristproblem för vedartade växter. Brister uppstår främst i jordar som är sura, sandiga och har ett lågt innehåll av organiskt material (Craul, 1992). Markkalium kan delas in i fyra kategorier; kalium löst i markvätskan, utbytbar kalium, svårutbytbar kalium och kaliummineraler. Av dessa är det lösta kaliumet det som anses vara den primära källan till växternas absorption (Barber, 1995).

Kalium är lätttrörligt i växter och involveras i många processer som enzymaktiviteter, proteinsynteser, fotosyntesen och cellexpansion, samt regleringen av klyvöppningarnas öppning och stängning (Kozłowski & Pallardy, 1997). Kalium behövs också för uppbyggnaden av kolhydrater, reglering av det osmotiska trycket, underlätta vattenabsorptionen och öka frostresistensen (Craul, 1992).

Kalcium

Kalciummängden i marken beror på jordens modernmaterial, grad av vittring och hur till vida kalcium har tillförts i form av kalkning. Det är ovanligt att växterna lider brist på detta ämne och om det förekommer brist är anledningen oftast att tillgången på andra element skapar en antagonism mellan jonerna. I sura jordar kan mangan, koppar och aluminium ta kalciumets plats, vilket gör att tillgängligheten på andra näringsämnen minskar. Om det uppstår en brist på kalcium eller ett överskott av natrium kan leret dispergera och jordens struktur blir då förstörd. Resultatet blir en försämrad vatteninfiltration, genomtränglighet och ett minskat gasutbyte. (Craul, 1992)

Kalciumet kontrollerar de fysiologiska processerna i cellerna, rötternas tillväxt och ingår till stor del i cellväggarna. Ämnet är relativt orörligt och en brist kan resultera i skador på meristemet, speciellt i rotspetsarna. Tecken på kalciumbrist kan inkludera kloros och nekros på bladverket samt en försämrad rottillväxt. Flera deformationer på frukter kan härledas till kalciumbrist och kalciumet är antagligen det viktigaste ämnet som påverkar kvaliteten hos frukter. (Kozlowski & Pallardy, 1997)

Magnesium

Magnesiumet i jorden är en beståndsdel i många jordmineraler, det existerar som utbytbara kationer och som lösta i markvätskan i form av joner. Små mängder magnesium kan också vara bundet i det organiska materialet (Barber, 1995). Det finns oftast tillräckliga mängder i jorden, men det kan uppstå brist på växttillgängliga former i basiska jordar med högt kalciuminnehåll eller i sura sandiga jordar. På sura jordar kan dolomitkalk tillsättas och pH-värdet kan sänkas på kalkrika jordar för att korrigera magnesiumhalten (Craul, 1992).

Magnesium är en viktig del av klorofyllmolekylerna, vilka behövs för enzymaktiviteter, kolhydrat- och proteinbildningen samt celldelningen (Craul, 1992). Magnesiumbrist medför kloros i bladverket som förvärras av att frukten som behöver mycket magnesium i utvecklingsfasen tar ämnet från de omkringliggande löven. Denna brist leder till en alltför tidig lövfällning (Kozlowski & Pallardy, 1997).

Svavel

I marken kan svavel finnas i form av sulfater i marklösningen, sulfater absorberade på mineraler, sulfatmineraler, svavelbärande mineraler och i organiskt material. I många jordar är den största andelen svavel bundet i det organiska materialet (Barber, 1995). Genom det organiska materialet bryts ned finns det oftast svavel i tillräckliga mängder i marken. Förorenat regn och gödningsmedel som innehåller svavelhaltiga biprodukter kan öka mängden svavel i marken, vilket försurar jorden. Intensiv odling med relativt rena oorganiska gödningsmedel kan skapa svavelbrist. Dessa jordbruksjordar kan komma att användas som urbana jordar i staden och svavelbristen följer med. Svaveltillförsel är möjlig för att åtgärda problemet, men det är viktigt att vara medveten om att detta kan sänka pH-värdet i jorden (Craul, 1992).

Svavel ingår som en komponent i proteiner, aminosyror och vitaminer. Brist av svavel medför kloros och nekros, samt försvårar proteinsammansättningen vilket leder till en ackumulation av aminosyror. Träd med svavelbrist uppvisar gulnande blad, liknande symtom som vid kvävebrist. (Kozlowski & Pallardy, 1997)

Mikronäringsämnen

Jorden innehåller endast små mängder av mikronäringsämnen, även då det finns tillräckligt för växternas utveckling. I de urbana jordarna råder sällan brist på dessa ämnen utan snarare förekommer det för höga halter av dem. Giftiga mängder uppstår snabbt vilket avråder från att medvetet tillföra dessa ämnen utan att konsultera experter på området (Craul, 1992). Det finns ingen tydlig gräns mellan ämnen som är giftiga för växterna och ämnen som är hälsosamma eller till och med livsviktiga för dem. Ett ämnes effekt på en växt beror inte bara på dess kemiska sammansättning utan också på dess koncentration och närvaron av andra ämnen och deras koncentration. Växtart och ålder har också en betydelse precis som andra miljömässiga faktorer. Järn, mangan, bor, zink och koppar är livsviktiga ämnen för träden men kan i större mängder vara giftiga (Mengel & Kirby, 1987).

Andra näringsämnen

Aluminium, natrium och kisel är andra näringsämnen som kan finnas i större kvantiteter i vissa växter, men även om dessa ämnen ibland kan förbättra tillväxten är de generellt inte ansedda att tillhöra de livsviktiga näringsämnena. (Craul, 1992)

Näringsbrist

Näringsbrister kan ibland vara enkelt att påvisa genom synliga symptom. Vissa av dessa kan dock lätt förväxlas med symptom på skador förorsakade av sjukdomar, skadedjur eller mekaniska skador. Det bästa och mest pålitliga sättet att ställa en diagnos är att efter en visuell bedömning också göra både blad- och jordanalys. Det synliga symptomet utesluter oftast allt utom några få möjliga anledningar och en analys kan ofta fastställa den rätta orsaken. Tillväxten och vitaliteten hos växterna minskar generellt med den relativa näringsbristen och gör dem känsligare för andra stressfaktorer och mer mottagliga för angrepp av skadedjur och sjukdomar. (Craul, 1992)

Tungmetaller

En stor del av de oorganiska beståndsdelarna från olika föroreningar hamnar till slut i jorden. Det största problemet involverar tungmetaller som aluminium, arsenik, kadmium, kobolt, krom, koppar, kvicksilver, mangan, molybden, nickel, bly och zink. Vissa av dem är dock inte tungmetaller i egentlig mening. De är naturliga element i många varierande sammansättningar och beroende på dess koncentration är de mer eller mindre giftiga för människor, djur och växter. De mest uttalade faktorerna som påverkar tungmetallernas växttillgänglighet i jorden är pH-värdet, katjonutbyteskapaciteten och innehållet av ler och organiskt material. I de sura jordarna finns en högre halt växttillgängliga tungmetaller. Ett högt pH-värde, hög katjonutbyteskapacitet samt ett stort innehåll av ler och humus sänker tillgängligheten eftersom partiklarna adsorberar och binder tungmetallerna till sin yta. (Sieghardt et al., 2005)

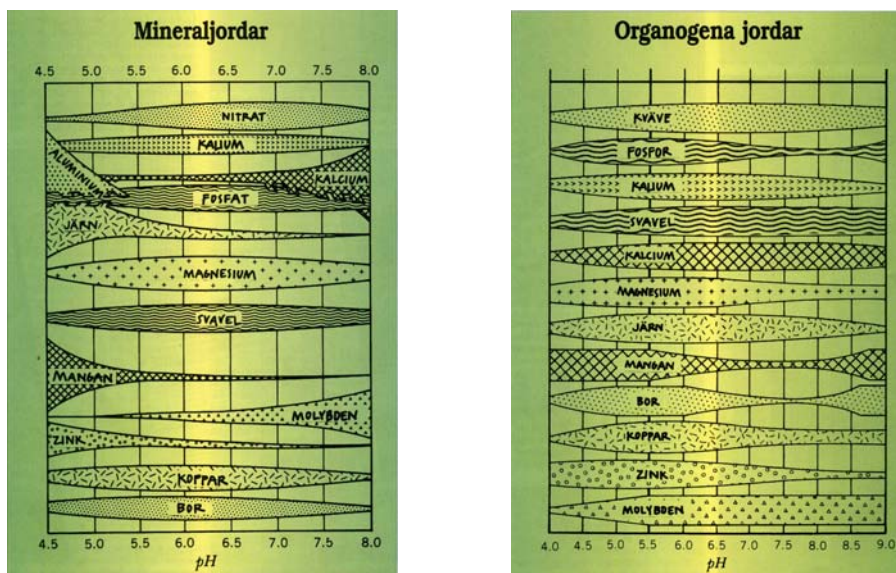
Metallerna kan grupperas efter deras effekt på växter, som essentiella mikronäringsämnen och icke-essentiella giftiga ämnen. För essentiella metaller som exempelvis mangan och zink finns tre nivåer; brist, tolerans och giftig nivå. För de icke-essentiella metaller som exempelvis bly och arsenik finns inget behov, endast tolerans och giftig nivå. Som regel har växter som utsätts för giftiga nivåer av tungmetaller en försämrad transpiration och klyvöppningsfunktion kombinerat med en nedsatt fotosyntes och tillväxt. Tungmetallerna påverkar också både kvaliteten och kvantiteten av mykorrhiza. (Sieghardt et al., 2005)

Trädens känslighet och tolerans mot tungmetaller varierar stort och beror på art, härkomst, klon eller till och med den genetiska strukturen i en speciell individ. De flesta urbana jordar innehåller en viss nivå av tungmetaller. Även utan industrier är mängden tungmetaller generellt högre i stadsjordarna än i jordbruks- och skogslandskapens jordar. (Sieghardt et al., 2005)

Enligt Gustafsson³ är tungmetallerna oftast inget större problem för våra växter eftersom de är mindre känsliga mot dem än vad djur och människor är. När det någon gång uppstår giftproblem är det vanligtvis en förhöjd mängd koppar som härstammar från kopparmaterial på byggnader, exempelvis koppartak på gamla byggnader.

Ph

Markens pH-värde är ett mått på jordens surhetsgrad, även kallat reaktionstal och visar halten av vätejoner i markvätskan. Växttillgängligheten hos näringsämnena är det som främst påverkas av jordens pH-värde (figur 1). Exempelvis ökar mängden kalcium, magnesium och kalium i markvätskan med ett stigande värde, medan mangan och järn har högre löslighet vid ett lägre värde. Ett pH mellan 6,5 och 7 är det mest önskvärda för en maximal löslighet av de flesta växtnäringsämnena. Det finns dock växtarter som trivs bäst i både lägre och högre värden. Rododendron, azalea och kamelia växer gärna i mer sura jordar medan alm, kornell och ölandstok föredrar mer alkaliska jordar. Genom att tillföra kalkningsmedel som innehåller kalcium och magnesium kan pH-värdet höjas. Tillförsel av svavelföreningar eller organiskt material sänker istället värdet. Den biologiska aktiviteten i marken är som högst vid ett pH runt 7 och med det sjunkande pH-värdet försvinner maskar och bakterier. Svampar står för aktiviteterna i de surare jordarna och nedbrytningsprocessen går långsammare i dessa jordar. Jordens strukturbildning och vittringsförmåga påverkas också av pH-värdet. (Craul, 1992)



Figur 1. Förhållandet i mineraljordar respektive organogena jordar mellan markens pH och tillgängligheten på växtnäringsämnena. Ju bredare fält desto större tillgänglighet. (Schmidtbauer, 1997)

³ Eva-Lou Gustafsson, agronom på institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp, samtal den 13 mars 2006.

Ledningstal

Ledningstal är ett mått på salthalten i jorden, ju högre ledningstal desto högre salthalt. De lätttrörliga ämnen som påverkar ledningstalet är nitrat-, natrium-, kalium- och kloridjoner. Genom att mäta ledningstalet i jorden kan man enkelt se om något är fel med marken. Man kan dock inte basera några rekommendationer för gödsling på resultaten av ledningstalen, de visar endast på att något inte stämmer och att man därför bör göra fortsatta analyser (Tabell 5). Växterna tolererar något högre salthalter i mulljordar och komposter än i mineraljordar med mullhalt under 20 % (Schmidtbauer, 1997). Tabellen för ledningstal är dock framtagen för odling och enligt Gustafsson⁴ har inte träden lika stort behov av lättillgänglig näring som grödor. I samtliga prover som Gustafsson har tagit i naturen och i parker ligger ledningstalet under 1, även i näringsrika system.

Tabell 5. Ledningstalet som uttryck för jordens saltinnehåll och lämplighet för trädgårdsväxter (enligt Karlsson se Wiklander, 1976)

0 – 1,5	Kan innebära otillräckligt med näring
1,5 – 4,0	Inom detta område trivs de flesta kulturer
4,0 – 5,5	Ger försvagad växt hos känsliga kulturer samt för alla unga plantor
5,5 – 8,0	Ger lätta till starka växthämningar hos alla kulturer
> 8,0	Innebär giftig saltmängd, kan leda till svår missväxt

Vägsalt

Variationer av saltsammansättningar används till att smälta snö och is för att eliminera osäkra väg- och gångbanesituationer. Det salta vattnet från smält snö och is skadar träden antingen då saltet skvätter upp på grenar och skott eller då det följer med vattnet ner till rotsystemet (Bernatzky, 1978). Vatten och lösta näringsämnen tas upp i rötterna genom osmos. Rötterna har ett semipermeabelt membran som tillåter vatten att fritt förflytta sig genom membranet, men de behåller näringsämnena när de väl är inne i rötterna. Generellt skapar detta en högre koncentration av näringsämnena inne i rötterna än ute i markvätskan, vilket medför att vattnet hela tiden flyttar sig från området med mindre koncentration (jorden) till området med högre koncentration (rötterna) (Trowbridge & Bassuk, 2004).

Vissa förhållanden kan dock skapa omvända reaktioner. Med en hög salthalt i jorden kan näringskoncentrationen i jorden vara högre än den i rötterna. Om denna situation uppstår förflyttar sig vattnet istället ut från rötterna till omkringliggande jord, så kallad kemisk torka. Detta leder till vattenbrist för växterna och rötterna torkar ut och dör. Olika arter varierar i sin känslighet mot vägsalt. Arter *Aesculus* tillsammans med vissa arter av *Acer* är mycket känsliga medan arter av *Quercus* och *Fraxinus* anses som mer toleranta mot vägsaltet. (Trowbridge & Bassuk, 2004)

Den urbana jordens situation

Människans kemiska påverkan är tydlig i de urbana jordarna, jämfört med naturliga jordar är förhållandena starkt förändrade. Jordens funktion som näringskälla och buffertsystem eller som avgiftningsmedium är begränsad eller ur balans. Gödsel- och komposttillförsel, föroreningar och tungmetaller från varierande källor samt saltspridningen på vintern medverkar till stora kemiska avvikelser från den naturliga jorden. (Sieghardt et al., 2005)

⁴ Eva-Lou Gustafsson, agronom på institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp, samtal den 13 mars 2006.

Vanligtvis är bladverken på de flesta stadsträden i stort sett gröna trots att bristande och obalanserad näringstillgång begränsar deras tillväxt. Urbana jordar saknar ofta tillförsel av organiskt material och dess näringsbidrag eftersom löv och grenar städas bort. Detta försämrar inte bara kolets omlopp utan påverkar också näringscykeln, vilket reducerar mikrofloran och växttillgängliga näringsämnen. Generellt kan man säga att ju mer naturlig den urbana växtplatsen och växtligheten är, desto mindre näringsbrist eller obalans uppstår i jorden. (Sieghardt et al., 2005)

Gatuträdens jordar har ofta brist på kväve, kalium, fosfor och magnesium. Humusinnehållet är också vanligtvis lågt. De flesta träddarter föredrar ett pH mellan 4.5 och 7, dock finns ett antal undantag. Jordens pH-värde inverkar på många processer som frigörelse, tillgänglighet och upptag av näringsämnen i jorden (Sieghardt et al., 2005). De urbana jordarna är ofta alkaliska på grund av vittring från kalkrika byggnadsmaterial, från neutralt till så högt som pH 8.2 förekommer. Andra faktorer som påverkar näringstillgången kan ha med den historiska användningen av platsen att göra. Kolbrytning, stenbrott, tegelframtällning, tidigare vattenlinjer och varierande industrimaterial med dess biprodukter som hamnat i jorden kan ha drastisk effekt på pH-värdet (Trowbridge & Bassuk, 2004).

Genom urbaniseringen har byggandet och rivandet av byggnadskonstruktioner, utfyllandet och utjämnandet av landskapet förändrat den urbana jorden över århundradena. Craul (1992) beskriver åtta karaktärsdrag som några, eller alla, alltid kan ses hos urbana jordar:

1. Vertikala variationer på grund av avfall och fyllnadsmaterial som visar människans framfart.
2. Strukturförändringar på vissa områden där aggregaten har krossats till en odifferentierad massa.
3. Ogenomtränglig yta som avvisar regnvattnet. Kompaktering av jorden och avsaknaden av växtlighet förvärrar detta tillstånd.
4. pH-värdet i jorden kan förändras av föroreningar och avrinningsvatten från de olika byggnadskonstruktionernas ytor.
5. Kompaktering förstör makroporerna i jorden och hindrar lufttillförseln och dräneringen i marken.
6. Näringscykeln är störd eftersom fallande löv och annat organiskt material tas bort från markytan.
7. Jorden innehåller ofta skräp eftersom det är billigare att begrava spillrorna än att forsla bort dem. Lämningar efter material, fundament, källare och utrustning finns kvar i marken.
8. Urbana jordar är ofta separerade från resten av jorden i behållare och urnor samt på terrasser och garagetak. Dessa relativt små jordmassor värms och kyls mycket fortare än den sammanhängande jordmassan. De snabba svängningarna och de extrema temperaturerna kan vara en utmaning för växter som är vana vid mer moderata svängningar.

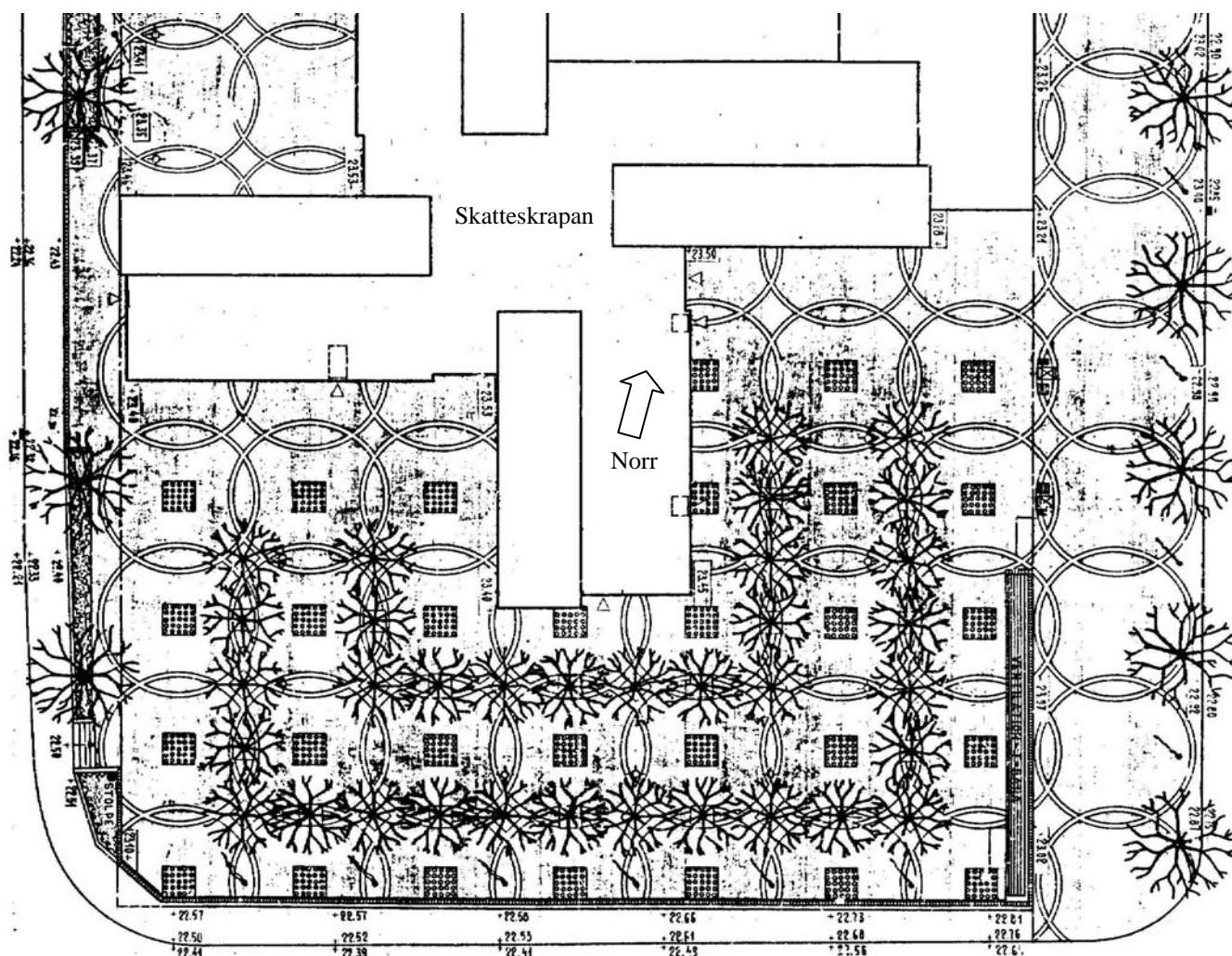
Det är väl känt att majoriteten av de trädproblem som finns beror på den jord som träden är planterade i. Det är därför väldigt viktigt att förstå jordens fysiska och kemiska egenskaper såväl som det djup och den användbara jordvolym som våra träd behöver. (Trowbridge & Bassuk, 2004)

FALLSTUDIE

En undersökning av 34 stycken *Tilia x europaea* 'Koningslinde' på Åsötorg, Stockholm

Historik

Åsötorget ligger vid Götgatan, mellan skatteskrapan och Åsögymnasiet, på Södermalm i Stockholm. Torget hette tidigare Fatburstorget och bestod av en kåkbebyggelse med verkstäder. Det nya torget anlades på 1950-talet i samband med byggandet av skatteskrapan och är beläget ovanpå tillhörande garage som ligger under marknivån söder om huset. Byggnaden stod klar 1959 och i oktober följande år invigdes skattehuset officiellt. Stockholm hade fått norra Europas högsta byggnad. Arkitekten Sven Hedqvist ligger bakom både torget och byggnaden (Figur 2), men det är framförallt byggnaden som har blivit uppmärksam. Den arkitektoniskt bearbetade delen av Åsötorget inskränkte sig till ett geometriskt mönster av gatstencirklar, ljusbrunnar och träd i asfaltsytan och blev aldrig den kringbyggda offentliga plats som Hedqvist hade tänkt sig. (Ahrbom & Kvanta, 2001)



Figur 2. Ritning över förslag till plantering och beläggning på Åsötorget, 14 september 1960. Stockholms stads gatukontor, parkavdelningen. Förslaget blev antaget och de 34 kungslindarna planterades på torget i början på 60-talet. Träden på sidorna utanför torget har inte ingått i undersökningen. Kopian jag hittade var i förändrad storlek till originalet så skalan stämmer inte och anges därför ej.

METOD OCH MATERIAL

De 34 konungslindarna på Åsötorget fälldes i april 2005. Genom att medverka vid fällningen fick jag tillfälle att göra en visuell bedömning av trädens vigör, undersöka eventuella skador och olikheter i trädens ålder. Samtidigt analyserade jag platsen för att bedöma trädens abiotiska förutsättningar.

Under hösten 2005 tömdes takbjälklaget på material. Stubbar och rotsystem grävdes upp. Genom att närvara två dagar gjorde jag en visuell bedömning av rotsystem och trädgropskonstruktioner. Jordprover togs ur nio tillgängliga trädgropar samt ett jordprov i omkringliggande bärlager. Proverna behövdes för att bestämma jordart och för att skickas till laboratorium för analys.

Genom att söka i arkiv på trafikkontoret i Stockholm har jag försökt att hitta relevant material som bygghandlingar, konstruktionsritningar och eventuella skötselplaner för trädplanteringen på Åsötorget.

RESULTAT

Åsötorget som växtplats

Åsötorget (Figur 3) är beläget på södra sidan av skatteskrapan, inbäddat mellan storstadens många huskroppar. Det finns inga skuggande byggnader vid torget och söderläget gör att det är solbelyst större delen av dagen, vilket har gett kungslindarna det solljus som de har behövt för sin utveckling. Söderläget och den urbana värmeöeffekten gör torget till en varm plats. Vindarna som drar över området är kraftiga och byiga trots de omgärdande byggnaderna. Vinden har haft en något avkylande effekt samtidigt som den verkat uttorkande på träden. Turbulensen beror på att skatteskrapan, som höjer sig över omgivningen, pressar ner kraftiga vindar till gatunivån.



Figur 3. Kungslindarna på Åsötorg. Foto: Björn Embrén

Torget är anlagt över ett garage och därför finns ingen kontakt med grundvattnet. Detta har gjort att kungslindarna måste ha förlitat sig på nederbörden. Marken var belagd med asfalt vilket har försvårat möjligheterna för vatteninfiltration. Luftfuktigheten på torget är låg på grund av värmen, dräneringen av ytvattnet och den minimerade avdunstningen från marken. Värmen, vinden och den knappa tillgången på vatten gör Åsötorget till en väldigt torr växtplats.

Det har inte förekommit några synliga skador från luftföroreningar på kungslindarna. De har klarat den förorenade stadsluftens påfrestningar och bidragit till att förbättra luften för människorna i området.

Närmast runt träden låg betonggaller (Figur 4) för att skydda jorden i planteringsgroparna och samtidigt underlätta för gasutbytet. Runt vissa träd saknades betonggaller (Figur 5) men det var slumpmässigt och jag antar att det beror på att de har plockats bort för att de varit trasiga och sedan inte ersatts med nya. Endast ett lager grus ligger på dessa ytor. Markbeläggningen är mycket sliten och ojämn, asfalten är sprucken och en stor del av gatstenarna i stråken ligger löst eller har försvunnit. Sättningar i bärlagret har tillsammans med en viss påverkan av lindarnas rötter skapat sprickorna och ojämnheter i beläggningen.



Figur 4. Betonggaller .



Figur 5. Borttaget betonggaller.

Kungslindarnas tillstånd

Genom min visuella undersökning kom jag fram till att de flesta av lindarna var de individer (Figur 6) som planterades från början med ett fåtal undantag, fyra av träden är märkbart mindre och har blivit utbytta vid senare tillfälle. Ett fåtal träd hade stamskador (figur 7) från påkörning av fordon för gatusopning eller snöröjning. Det fanns inga döda grenar eller intorkade skott och knopp-utvecklingen var god. Eftersom jag inte har undersökt träden i lövat tillstånd har jag svårt att göra en fullständig bedömning, men mitt intryck av träden var dock att de var vitala och hade en god utveckling.



Figur 6. *Tilia x europaea* 'Köningslinde'. Bilden är tagen från den högsta våningen på skatteskrapan.



Figur 7. Påkörningsskada på stam.

Markens förhållanden

När asfalten bröts upp och garagetaket tömdes på löst material visade det sig att lindarna var planterade i trälådor (Figur 8). Lådorna hade en storlek på 1,4 x 1,4 x 0,85 meter och var konstruerade av tryckimpregnerat virke. De var fortfarande i stort sett intakta men hade en hel del murkna delar. Lådorna som saknar botten, har placerats på betongbjälklaget med någon form av smal stödplatta mellan lådorna och betongunderlaget. Rötterna som var välutvecklade, hade fyllt ut lådorna väl och de hade också tagit sig ut genom springorna (Figur 9) mellan brädorna och mellan nedersta brädan och betonggolvet.



Figur 8. Planteringsgrop i form av en trälåda.



Figur 9. Rot som tagit sig ut mellan brädorna.

Under uppgrävningen av stubbar och rotsystem var det problem med att hämta jordprover från alla groparna, då jag endast under två dagar hade möjlighet att vara på plats under grävningsarbetet. Under dessa två dagar hann nio gropar grävas ut och det var ur dessa som jordproverna togs. Den mekaniska analysen av jorden gjorde jag med hjälp av agronom Eva-Lou Gustafsson på institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik i Alnarp. Jorden i de nio planteringsgroparna bestod

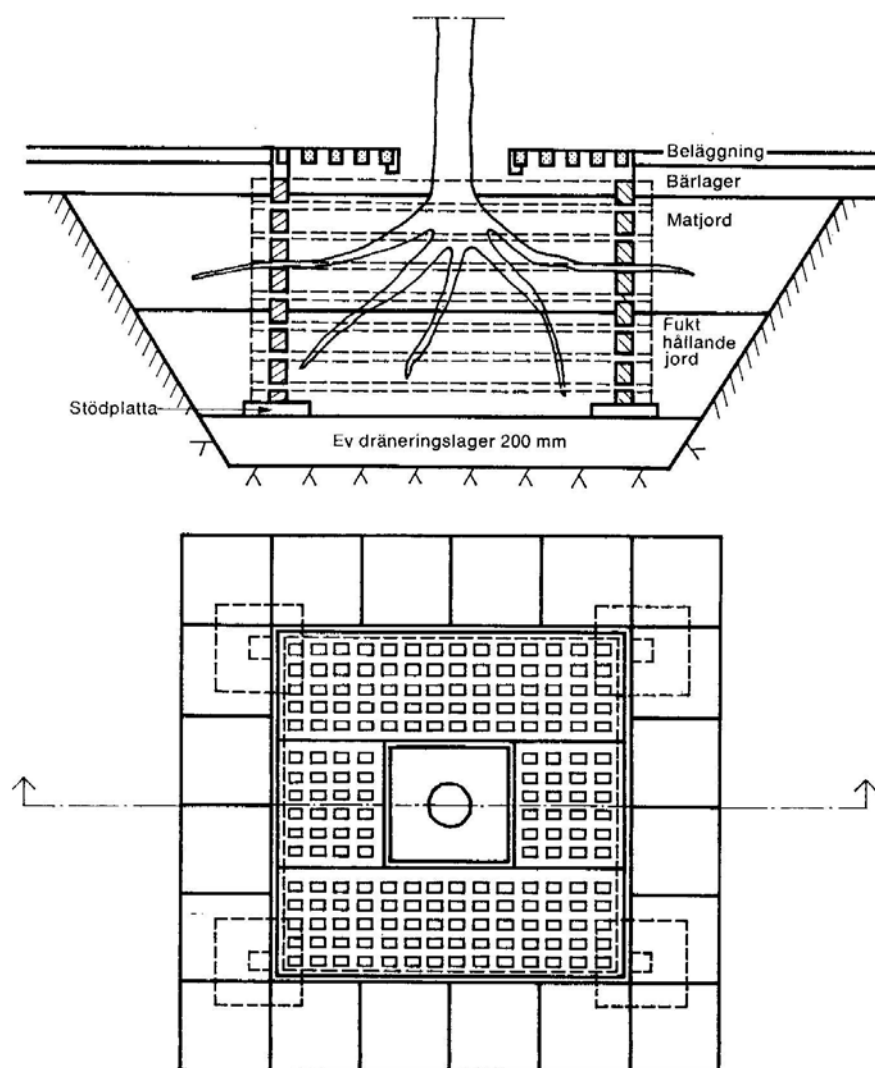
av mellanlera som hade en mycket god struktur. Bärlagret mellan trälådorna bestod av en svagt lerig mo med en viss inblandning av andra fraktioner som sand och grus.

Jordproverna i trälådorna var så pass lika till sin karaktär att jag valde, på inrådan av min handledare Kaj Rolf, att blanda dem till ett enda jordprov för laboratorieanalys. Detta jordprov sändes tillsammans med jordprovet från bärlagret till laboratoriet AnalyCen i Kristianstad. Resultatet från laboratorieanalysen redovisas i Tabell 6.

Tabell 6. Analysrapport för jordprover från trädgrop och bärlager

	Enhet	Trädgrop	Bärlager	Mäto.	Metod/Ref.
pH		7,8	8,1		SS-ISO 10390 ut
P-AL Klass		III	III	±20%	SS028310/SS0283
Fosfor Lättlösligt P-AL	mg/100g lufttorkat	7,0	7,1	±20%	SS028310/SS0283
K-AL Klass		III	III	±20%	SS028310/SS0283
Kalium Lättlösligt K-AL	mg/100g lufttorkat	13	13	±20%	SS028310/SS0283
K/Mg kvot		0,7	1,4	±20%	
Magnesium Lättlösligt Mg-AL	mg/100g lufttorkat	20	9,0	±20%	SS028310/SS0283
Kalcium Lättlösligt Ca-AL	mg/100g lufttorkat	300	300	±20%	SS028310/SS0283
Förrådskoppar Cu-HCI	mg/100g lufttorkat	74	39	±20-40%	KLK 1965:1/SS02
K-HCI Klass		4	4	±20%	KLK 1965:1/SS02
Förrådskalium K-HCI	mg/100g lufttorkat	240	350	±20%	KLK 1965:1/SS02
P-HCI Klass		3	2	±20%	KLK 1965:1/SS02
Förrådsfosfor P-HCI	mg/100g lufttorkat	46	35	±20%	KLK 1965:1/SS02
Mullhalt	%	2,9	0,78	±15%	KLK 1965:1

Min arkivsökning blev närmast resultatlös, då jag endast hittade ett fåtal planritningar över torget men inget material angående trädplanteringen. En typritning (Figur 10) över liknande form av trädplantering finns i MarkAMA 72 (Byggandets Samordning, 1972). Typritningen är säkerligen en förlängning av den planteringsteknik som användes tidigare. Förhållandet med takbjälklaget på Åsötorget utgör dock en stor skillnad eftersom inget jordsubstrat existerar under planteringslådorna. I planteringen på Åsötorget har heller inte dräneringslagret på 200mm under trälådorna använts.



Figur 10. Typritning 246, trädgrop i hårdgjord yta. Mark-AMA 72.

DISKUSSION

Linden anses vara ett värmegynnad träd som har lätt för att anpassa sig till stadsklimatet. Det är dock ingen självklarhet att de ska trivas, vanligtvis är det snarare så att många stadsträd idag lever i en tynande tillvaro under extrem stress. Att få friska vitala stadsträd förutsätter att man ger trädet så bra förutsättningar och goda markförhållanden som möjligt. Åsötorgets kungslindar har under sina levnadsår mått bra på torget, vilket tyder på att de har fått just det. Exakt när lindarna planterades framgick inte i något av det material jag hittade men troligtvis planterades de något eller några år efter invigningen av skatteskrapan i oktober 1960.

Under min arkivsökning har jag inte funnit några indikationer på att det funnits någon form av skötselplan eller trädvårdsplan för lindarna. Enligt Embrén⁵ har det inte förekommit någon näringstillförsel eller bevattning av trädplanteringen på Åsötorget.

Mellanleran i trälådorna hade en mycket god granulär struktur på grund av innehållet av ler och det stabila organiska materialet. Detta tyder också på att jorden har ett effektivt biologiskt liv vilket är ovanligt i denna form av planteringar. Jorden är enligt Gustafsson⁶ naturlig och inte en komponerad jord som är vanligt idag. Den har under de cirka 40 åren legat försluten under den hårdgjorda ytan och lyckats behålla sina, för växterna, goda egenskaper. Mullhalten på 2,9% kan låta låg i jämförelse med de rekommendationer på 5-8% som föreskrivs i RA98 Anläggning (Svensk Byggtjänst, 1999). Dessa procentuella värden består dock av en stabil mullhalt i en äldre jord, vilket är mycket bra. Mullen förbättrar strukturen och den biologiska aktiviteten i jorden. Konstruerade jordar består till större delen av sand och torv. Torven som står för mullhalten i en sådan jord, bryts snabbt ner och jordens struktur och näringsinnehåll försämras i samma takt.

Jorden hade på grund av sin goda struktur en mycket bra vattenhållande förmåga och det vatten som har tillkommit genom regn och snösmältning har troligtvis stannat i jorden och kommit lindarna tillgodo. En möjlighet är också att man har städad gångytorna runt skatteskrapan genom att spola vatten, vilket skulle ha försett träden med en extra vattenresurs. Den goda strukturen har också medfört att jorden har haft ett väl utvecklat porsystem. Tillgången på medelstora kapillära porerna har gjort det möjligt för jorden kunna hålla det växttillgängliga vattnet. Makroporerna har möjliggjort en bra gastransport i jorden och en fungerande dränering, vilket har gett rötterna en god tillgång på syre.

De soliga, varma och torra förutsättningarna på torget har troligtvis medfört en förhöjd marktemperatur, men inte till någon skadlig nivå. De skadligt höga temperaturerna är ovanliga i Sverige eftersom det krävs en marktemperatur på över 32° C.

⁵ Björn Embrén, trädsspecialist på trafikkontoret, Stockholm, samtal den 15 februari 2006.

⁶ Eva-Lou Gustafsson agronom, institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp, samtal den 17 mars 2006.

Träd Kronorna började förhållandevis lågt på träden (Figur 12) vilket har medfört att det inte varit naturligt att gena över beläggningen nära trädstammarna, än mindre att köra med fordon. Framförallt under vegetationsperioden ingav det massiva bladverket en känsla av att man måste huka sig och det fanns gott om plats att passera runt trädbeståndet. Betonggallren vilade på trälådorna (Figur 11) och har inte pressat ned jorden. Dessa faktorer har medfört att planteringsjorden har fått behålla sin goda struktur och de skador som kan uppstå genom markkompaktering har uteblivit. Gasutbytet, vatteninfiltrationen och dräneringen har kunnat fungera tillfredställande och därför också tillväxt, vatten- och näringsupptag.



Figur 11. Betonggaller vilande på trälåda.



Figur 12. Låg kronbas. Foto: Björn Embrén

Öppningarna i betonggallren runt träden möjliggjorde ett fungerande gasutbyte i jorden, och troligen har inte lindarna lidit någon brist på syre eller utsatts för koldioxidförgiftning. Gallren har också gett möjlighet till en viss infiltration av vatten. En hel del ogräs växte i betonggallren och i gruset runt träden. Det har försett rötterna med en liten mängd organiskt material vilket kan ha hjälpt till att upprätthålla den stabila strukturen i jorden och det aktiva biologiska livet.

Laboratorieanalysen av jorden i trälådorna visar att innehållet av näringsämnen har varit högst tillfredställande för lindarna. Lättlösligt kalium och fosfor i jorden var bra både i planteringsgropen och i omkringliggande bärlager. P-AL och K-AL värdena låg i klass III enligt RA98 Anläggning (Svensk Byggtjänst, 1999). Även förrådskalium och förrådsfosfor var på en godkänd nivå. Lättlösligt magnesium fanns i en mycket bra mängd medan K/Mg kvoten låg något lågt i planteringsgropen, men den var bra i omkringliggande bärlager vilket också har kommit rötterna till godo. Kalciumnivån var relativt hög precis som pH-värdet indikerar. Kopparförrådet i jorden visade ganska högt värde, men var inte uppe i någon giftig mängd och har därför inte varit något problem.

Ph-värdet i de båda jordproverna var högt men inte förvånande. I den urbana miljön är detta vanligt på grund av den stora andelen vittrande kalk från betongkonstruktioner. Eftersom jordarna hade en hel del lerinnehåll har de antagligen haft något högre pH redan från början.

Den svagt leriga mojorden i bärlagret runt trälådorna hade en struktur som gav rötterna möjlighet att ta sig fram utanför lådorna. Näringsinnehållet i denna jord var också fortfarande bra och den hade en viss vattenhållande förmåga. Utvecklingsmöjligheten för träden har till följd av att rötterna kunnat ta sig ut i den omkringliggande jorden blivit mycket större. Det har gett rotsystemet en möjlighet att breda ut sig och ta upp en större mängd vatten och näring. Tanken med trälådorna och dess springor mellan plankorna kanske från början har varit att ge rötterna denna möjlighet. Dock har inte mojorden fungerat lika bra som bärlager utan har orsakat sättningar och skador på asfaltsytan (Figur 13). Självklart har också tidens tand gjort sitt.



Figur 13. Sliten markbeläggning med sättningar.

Min analys av jorden visar att träden har haft en god tillgång på de viktiga näringsämnena och att jordens goda struktur har gett dem mycket bra växtbetingelser. Det varma läget på skatteskrapans södra sida har inte varit något problem eftersom träden har haft tillgång på vatten, istället är det nog så att värmen snarare gynnat lindarnas utveckling.

SLUTORD

Under arbetets gång har jag insett hur mycket mer jag skulle vilja ha haft möjlighet att undersöka. Jag skulle önska att jag hade mer tid att analysera träden, även i lövat tillstånd, innan de fälldes och grävdes upp. Det hade också varit mycket spännande att lyfta upp trälådorna för att göra en mer noggrann undersökning av konstruktionen och rötternas utbredning. Det hade också varit intressant att jämföra utvecklingen av rotsystemen i de olika lådorna.

Litteraturstudien om den urbana miljön och stadsträdens situation har gett mig en större kunskap och förståelse för de förutsättningar träden har i staden och hur viktigt det är med fortsatt forskning och utveckling. För att skapa en hållbar och livskraftig grönstruktur i våra städer krävs stor kunskap och ett gemensamt samarbete mellan kommunernas olika instanser. Om stadens träd ska fungera på ett tillfredställande sätt är det viktigt att vi inser att vi måste ge dem det utrymme och de förutsättningar som det kräver.

Planteringen av kungslindarna på Åsötorget visar på en mycket god hantverkskunskap. Trots att jag inte har funnit några beskrivningar eller föreskrifter från den tid som träden planterades är det mycket tydligt att de som planterade lindarna visste vad de gjorde. Att kunna skapa en bra växtplats i den torra, varma, ogästvänliga miljön som takbjälklaget på Åsötorget utgör kräver både kunskap och god planering. Valet av en god, näringsrik växtjord, som kan hålla mycket växttillgängligt vatten, är en förutsättning i en miljö där marken är förseglad på detta sätt och där ingen kontakt med grundvattnet existerar. Att ge rötterna möjligheten att breda ut sig är också en mycket viktig faktor eftersom ett större rotsystem ger trädet en större möjlighet att ta upp det vatten och den näring som behövs.

Det är till 100 procent den jord som kungslindarna blev planterade i som har varit nyckeln till trädplanterings framgång. En naturlig, stabil och näringsrik jord som har kunnat bevara sin struktur, sitt organiska innehåll och ett aktivt biologiskt liv under alla dessa år. Med en komponerad jord av sand och torv, vilket ofta används idag hade kungslindarna antagligen aldrig överlevt. En sådan jord hade aldrig kunnat hålla den mängd vatten som dessa träd har behövt och torven hade snabbt brutits ned, vilket hade lett till en mer eller mindre steril jord utan näringsinnehåll. I denna form av slutna planteringssystem, där det inte finns någon cirkulation av organiskt material och inte heller någon tillfredsställande vattentillgång, är det extremt viktigt med ett jordmaterial som fungerar fullt ut.

KÄLLFÖRTECKNING

- Barber, S.A. (1995) *Soil Nutrient Bioavailability – A mechanistic approach*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Bengtsson, R. (2000) *Stadsträd från A – Z*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst
- Bernatzky, A. (1978) *Tree ecology and preservation*. Amsterdam: Elsevier scientific publishing company.
- Byggandets Samordning (1972) *MarkAMA 72*. Stockholm: Byggandets Samordning
- Craul, P.J. (1999) *Urban soils, applications and practices*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Craul, P.J. (1992) *Urban soils in landscape design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Dragsted, J. (1981) Byens klima og dets betydning for træer i byen. *Dansk dendrologisk årsskrift*, bind V, nr 4, ss. 63-74.
- Granbom, M., Runeke, P., Slättberg, K. (1994) *Träd i stadens gator, ett projekt med träd i centrum*. Stencil 94:11. Institutionen för landskapsplanering. Alnarp: SLU
- Graves, W.R. (1998) Consequences of High Soil Temperature. I *The Landscape Below Ground II*. Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils: ss. 27-35. Champaign, IL: Society of Arboriculture
- Kozlowski, T.T., Pallardy, S.G. (1997) *Physiology of woody plants*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, Inc.
- Kramer, P.J., Kozlowski, T.T. (1979) *Physiology of woody plants*. New York: Academic Press, Inc.
- Landsberg, H.E. (1981) *The urban climate*. New York: Academic Press, Inc.
- Mattson, J.O., Taesler, R. (1995) i Raab, B. & Vedin, H. (red.) *Sveriges nationalatlas-Klimat, sjöar och vattendrag*: ss. 98-105. Höganäs: Bra böckers förlag
- Mengel, K. & Kirby, E.A. (1987) *Principles of Plant Nutrition*. 4th ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute
- Pålstam, Y. (2003) *Träd i stadsmiljö – Goda exempel för fler och friskare träd i våra tätorter*. Stockholm: Svenska kommunförbundet
- Roberts, R.B. (1977) The response of urban trees to abiotic stress. *Journal of Arboriculture* Vol. 3:1, ss.75-78.
- Rolf, K. (1986) *Packning och packningsskador i urban miljö – En markfysikalisk undersökning av en planteringsyta*. Stad & Land, nr 50. Alnarp: ALA/MOVIMUM och SLU
- Schmidtbauer, P. (1997) *Markmiljö för träd och buskar*. Gröna fakta 4/1997. Alnarp: Movium
- Sieghardt, M., Mursch-Radlgruber, E., Paoletti, E., Couenberg, E., Dimitrakopoulos, A., Rego, F., Hatzistathis, A. & Barfoed Randrup, T. (2005) The Abiotic Urban Environment. I Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Randrup, T.B. & Schipperijn, J. (Eds.) *Urban Forests and Trees*. ss.281-320. Berlin: Springer-Verlag
- Svensk byggtjänst AB (1999) *RA 98 Anläggning – Råd och anvisningar till AnläggningsAMA 98*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst
- Trowbridge, P.J. & Bassuk, N.L. (2004) *Trees in the urban landscape*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K. & de Vries, S. (2005) Benefits and Uses of Urban Forests and Trees. I Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Randrup, T.B. & Schipperijn, J. (Eds.) *Urban Forests and Trees*. ss.81-110. Berlin: Springer-Verlag
- Wiklander, L. (1976) *Marklära*. Uppsala: SLU

Övriga källor

- Ahrbom, P. & Kvanta, P. (2001) *Vårdprogram för kvarteret Gamen 8 – höghus & lågdel*. Stockholm: Ahrbom & partner Arkitektkontor AB